Revista CIENCIA **Vol. 19, 4, 477-491 (2017)**

CONSTRUCTION SYSTEMS IN STRUCTURES WITH SEISMIC ISOLATORS

R. Aguiar, R. Mejía, P. Navia, E. Morales

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
Av. General Rumiñahui s/n Valle de los Chillos, Ecuador. rraguiar@espe.edu.ec
(2) Facultad de Ingeniería. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador.

Received: July 2016. Accepted: July 2017

ABSTRACT

Structural design for buildings with seismic isolation must be designed considering an adequate integration between the seismic isolation system and stairwell or elevator shaft. Because it provides an optimal design under the influence of seismic forces. Two building blocks are being constructed at the University of ESPE Armed Forces of Ecuador with seismic isolation system (triple frictional pendulum seismic isolators), which work independently; in the first building block, the seismic isolators are in the basement level 1, while other seismic isolators are located over first floor's columns in the other block. In fact, it demanded building special facility for elevator shaft.

Everything previously described is analyzed in the following article.

Keywords: Seismic Isolators (Triple Frictional Pendulum); Duct Stairs; Duct Elevator; Stiffness Matrix.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN ESTRUCTURAS CON AISLADORES SÍSMICOS

RESUMEN

En edificaciones con aislamiento sísmico es importante considerar una adecuada integración del modelo estructural concebido entre el sistema de aislación sísmica y los ductos de gradas o ductos de ascensores, ya que este acoplamiento permitirá un óptimo funcionamiento integral de la estructura ante la influencia de fuerzas sísmicas. En la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, de Ecuador se están construyendo dos bloques estructurales con sistema de aislación sísmica (aisladores de triple péndulo de fricción), que trabajan en forma independiente; en el primer bloque estructural se colocaron los aisladores en el subsuelo; mientras que en el otro bloque se ubicaron los aisladores sísmicos sobre las columnas del primer piso, lo que originó a que se construya una estructura

especial para el ducto del ascensor. Estas dos formas de construcción, con y sin junta, son analizadas en el presente artículo, desde el punto de vista estructural y constructivo.

Palabras Claves: Aisladores de Triple Péndulo de Fricción; Ducto de Ascensor; Ducto de Gradas; Matriz de Rigidez.

1. INTRODUCCIÓN

Terremotos recientes han demostrado que, incluso modernos códigos han limitado los daños en elementos estructurales, pero la mayor concentración de pérdidas se concentra en los daños en los componentes y elementos no estructurales, así como en la pedida de funcionalidad (Zayas 2013). Ante esta realidad, es importante considerar sistemas como el aislamiento de base que permite limitar el daño y permite que las estructuras logren niveles de desempeño óptimos reduciendo las perdidas.

Básicamente se tienen dos tipos de aisladores, los de péndulo de fricción que pueden ser de una curvatura, dos curvaturas o el de triple péndulo de fricción FPT, que fue utilizado en la construcción de 6 bloques estructurales de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, aunque acaban de publicar un nuevo aislador denominado quíntuple péndulo de fricción. Lee y Constantinou (2016).

El otro tipo de aislador muy utilizado es el elastomérico, donde se tiene con y sin núcleo de plomo. De acuerdo con la calidad de la goma se producen de bajo, mediano y alto amortiguamiento. Aguiar et al. (2008). Son numerosas las publicaciones que se han realizado sobre estos aisladores. Por haber empleado los FPT en la ESPE, se hace relación a los modelos de 5 fases desarrollados por Fenz y Constantinou (2007, 2008); Fadi y Constantinou (2010) y el más reciente al modelo de 3 fases presentado por Mc Vitty y Constantinou (2015).

.

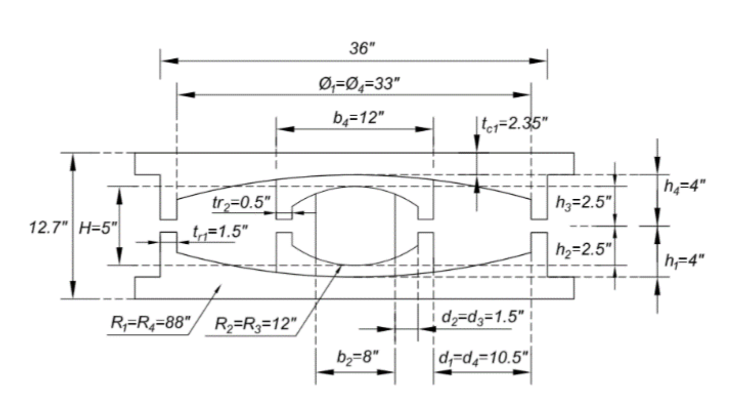


Figura 1 Geometría del aislador FPT 8833/12-12/8-5, utilizado en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, de Ecuador.

En el análisis sísmico de los bloques estructurales de la ESPE, se utilizó el aislador FPT 8833/12-12/8-5, que se indica en la figura 1 y que tiene los siguientes coeficientes nominales de roce: $\mu_1=\mu_4=0.06$; y $\mu_2=\mu_3=0.01$. Para estas condiciones en que los radios de curvatura de las placas exteriores e interiores son iguales, y las alturas $h_1=h_4$; $h_2=h_3$; es apropiado utilizar el modelo de 3 fases

2. ANÁLISIS CON JUNTA DE CONSTRUCCIÓN

En la parte superior de la figura 2 se muestra el Bloque Estructural 1, que tiene dos pisos en un sector, tres en otro y la parte más alta tiene 4 pisos. El bloque de escaleras se encuentra en la parte exterior y trabaja en forma independiente sin aisladores sísmicos. No se tiene ascensor en este bloque y los aisladores FPT se colocaron sobre los pedestales de hormigón armado de 1.20 por 1.20 m., que nacen de los plintos, de tal manera que la primera losa que se observa es la losa de aislación que desplaza a toda la estructura cuando los aisladores se encuentran en movimiento.

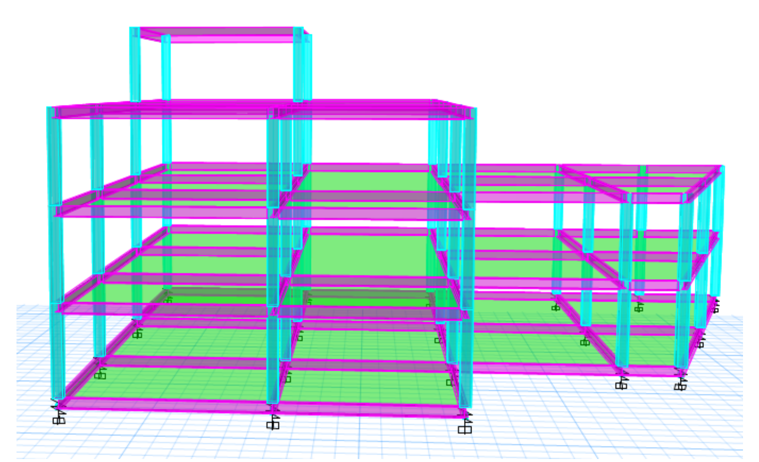


Figura 2 Bloque Estructural 1, Centro de Postgrados Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, de Ecuador.

En la figura 3, se presenta al Bloque Estructural 2, que tiene un subsuelo, debido a existe una diferencia de nivel con el bloque 1 de 4.94 m., los aisladores fueron colocados sobre las columnas de hormigón armado del subsuelo que tienen una sección transversal de 80 por 80 cm., y en la parte superior existe una canastilla cuadrada de 1.20 m., de lado sobre la que se asienta el aislador.

Se denomina subestructura a los pisos que se hallan bajo el nivel del aislador, en este caso uno y superestructura a los que se hallan sobre el aislador, para el Bloque 2 se tiene tres en un sector y cuatro en otro.

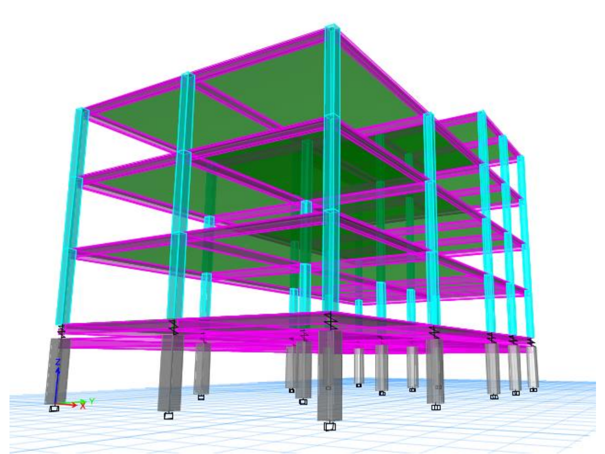


Figura 3 Bloque Estructural 2, Centro de Postgrados Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, de Ecuador.

A la izquierda de la figura 4 se aprecia el Bloque Estructural 2 con loas aisladores colocados sobre las columnas de hormigón, a la derecha se tiene el Bloque Estructural 1 con los aisladores colocados sobre los pedestales que nacen de la cimentación.

Tanto los aisladores FPT del bloque 1 como del bloque 2 se encuentran en el mismo nivel. Pero entre los dos bloques existe un GAP de 1.20 m., que es la separación que se observa entre los dos bloques.

El desplazamiento lateral máximo del aislador FPT 8833/12-12/8-5, es de 54 cm., de tal manera que el GAP contempla la posibilidad que, ante el sismo máximo considerado, que tiene un período de recurrencia que está alrededor de los 1000 años, estos dos bloques se van a mover en desfase. Constantinou et al. 2016.

En el vano de la izquierda del Bloque Estructural 2, se tiene un ascensor, cuyo sistema constructivo adoptado, se indica en el siguiente apartado. Pero antes se debe manifestar que la superestructura es de acero, con columnas tubulares cuadradas de 550/550/20 mm, de tal manera que el espesor es de 2 cm. Las vigas son tipo “I” de 5550/300/25/12 mm, el espesor del ala superior e inferior es de 25 mm, y el espesor del alma 12 mm.

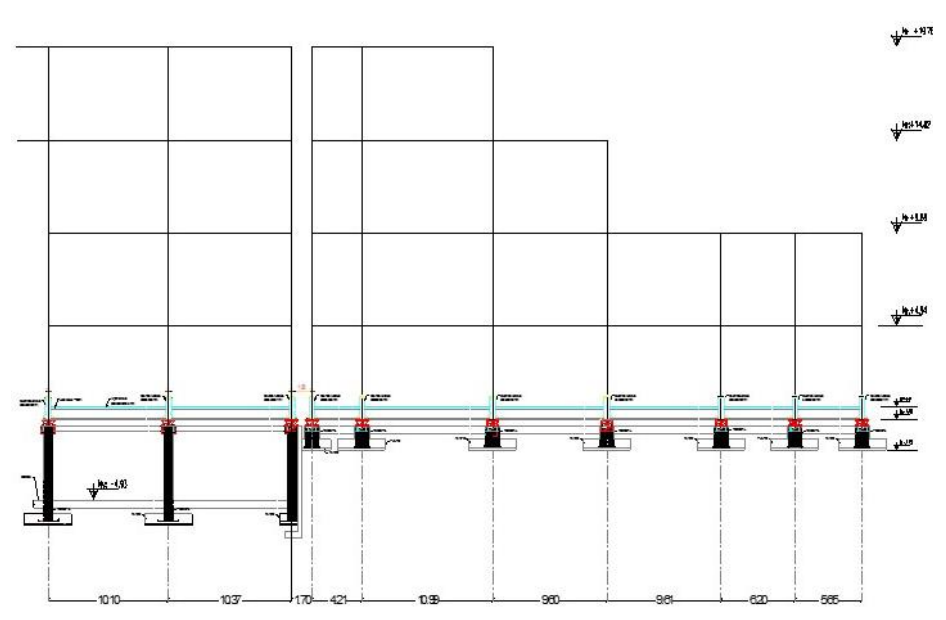


Figura 4 Corte longitudinal en sentido X, de los Bloques Estructurales 1 y 2.

3. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE ASCENSOR

Para que la estructura del ascensor, que se encuentra en el subsuelo, se mueva lateralmente como lo va a hacer el piso que se encuentra sobre los aisladores, se debe sostener de las vigas de la losa de aislación y a más de ello tiene que ser una estructura muy rígida. En la figura 5 se indica el desempeño de la estructura del ascensor, que tiene un GAP de 60 cm, al trabajar el Bloque Estructural en forma independiente. Se aprecia que se espera que se mueva todo como un cuerpo rígido.

En la figura 6 se presenta una vista en dos dimensiones de la estructura del ascensor, se aprecia que está empotrada a la viga principal tipo “I” de la losa de aislación, la misma que en su parte superior tiene una placa colaborante (deck). Básicamente se tiene encada esquina dos perfiles G de 200/75/6 mm, en otras palabras, se tienen 4 columnas de 200/150 mm y de 6 mm, de espesor y en la parte inferior cuatro vigas de 100/200 mm y 6 mm, de espesor.

Para que esta estructura sea rígida se ha colocado perfiles tipo “L”, los mismos que van soldados por la parte exterior de las columnas. En la parte superior de la estructura del aislador, sobre la losa de aislación, solo se tienen las 4 columnas de 200/150 mm (dos perfiles G de 200/75/6 mm) y las vigas de 100/200 mm, (dos perfiles G de 100/100/6 mm), a nivel de cada entrepiso.

En resumen, en el Bloque 2, la estructura del ascensor que se halla en el subsuelo va suspendida de la losa de aislación que se encuentra en el primer piso y es una estructura muy rígida.

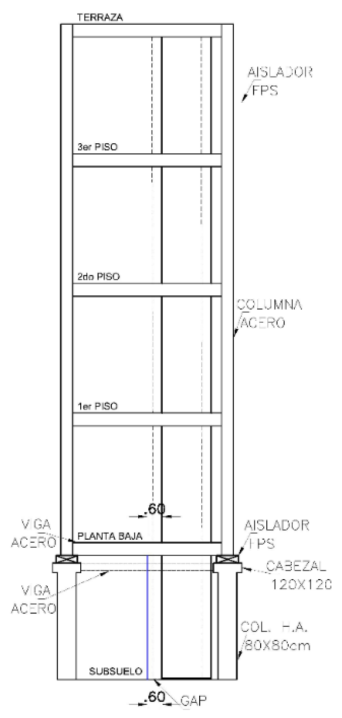


Figura 5 Esquema de funcionamiento de ascensor.

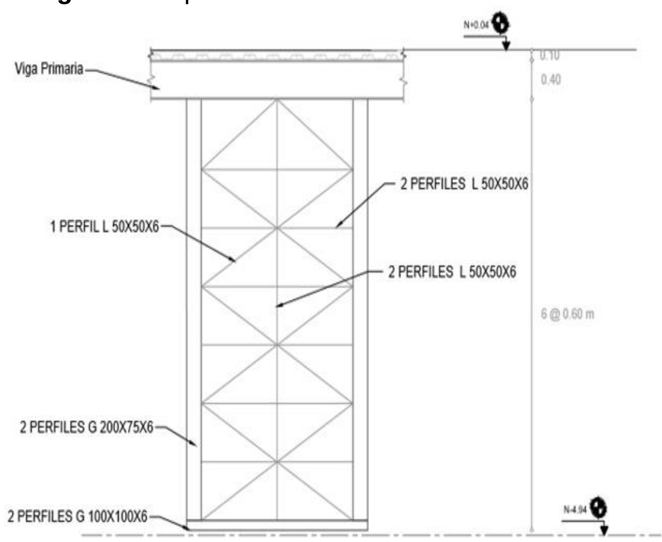


Figura 6 Armado de la estructura del ascensor en el subsuelo.

4. ANÁLISIS SIN JUNTA DE CONSTRUCCIÓN

Tiene su dificultad construir la estructura rígida del ascensor, para cuando se tiene un piso, como se vio en el apartado anterior. Ahora si la subestructura tendría más pisos el sistema constructivo se complica considerablemente y el costo se incrementa. Por lo que es necesario analizar otra forma constructiva en la cual

el aislador se encuentre sobre la losa de aislación y es lo que se presenta en este apartado para el caso de los dos Bloques Estructurales 1 y 2 de la UFA-ESPE.

En la figura 7 se presentan los dos Bloques 1 y 2, sin junta de construcción, trabajando como un solo Bloque que se lo ha denominado 1-2. En este caso los aisladores del Bloque 1 continúan sobre los pedestales que sobresalen de la cimentación y se mantienen en la parte superior del primer eje de columnas del Bloque 2. Pero en los ejes de columnas 2 y 3 del Bloque 2, los aisladores se hallan sobre los pedestales de la cimentación de este bloque estructural.

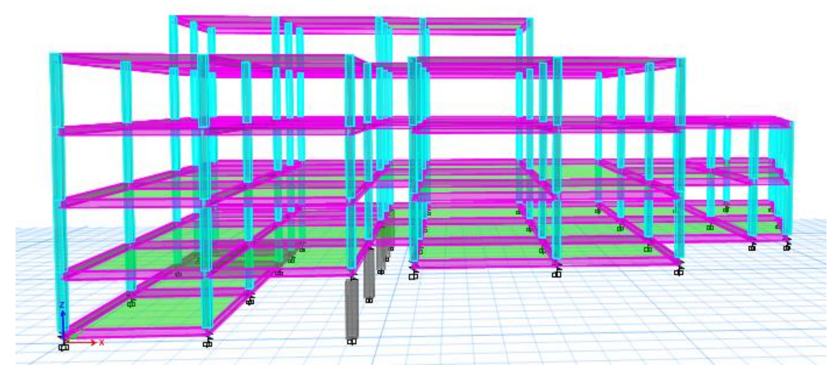


Figura 7 Bloques Estructurales 1 y 2 sin junta de construcción.

De tal manera que los dos bloques trabajan en conjunto con los aisladores sísmicos FPT, colocados a diferentes niveles, pero al estar cerca se considera que el desplazamiento horizontal de los aisladores es el mismo.

Con esta opción se construye el ascensor del Bloque Estructural 2, en la forma tradicional únicamente con las 4 columnas de 200/150 mm (dos perfiles G de 200/75/6 mm, en cada esquina) y con las vigas de entrepiso de 100/200 mm, (dos perfiles G de 100/100/6 mm).

5. CÁLCULO DE MATRIZ RIGIDEZ LATERAL

Para el análisis sísmico se considera que todas las vigas son axialmente rígidas; en consecuencia, se tiene un grado de libertad por piso. Se denomina matriz de rigidez lateral a aquella matriz que está asociada a los grados de libertad de las coordenadas laterales de un pórtico.

Para la nueva opción en que se han unido los dos bloques estructurales 1 y 2, se observa en la figura 8, que los aisladores sísmicos van colocados sobre los pedestales que nacen de los plintos, menos en el tercer eje de columnas en que se encuentran en la parte superior de la columna de hormigón armado. De tal manera que la losa de aislación se encuentra a dos niveles, la que une los dos primeros ejes de columnas se halla a nivel -4.94 m. (ejes de columnas de la izquierda del pórtico de la figura 8) y la que va desde el segundo eje hasta el final en el nivel 0.0 m. (son 8 ejes de columnas).

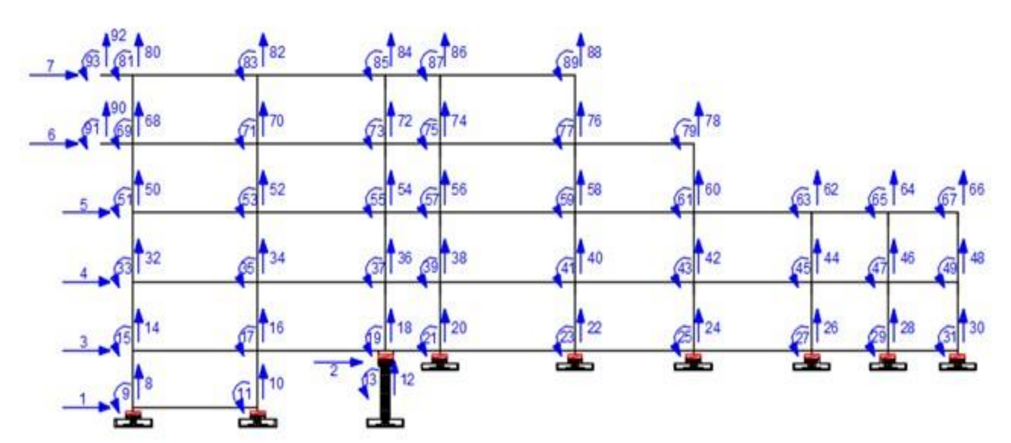


Figura 8 Grados de libertad de un pórtico en sentido X, del Bloque Estructural 1-2.

El aislador sísmico FPT se modela como un elemento corto y para hallar la matriz de rigidez lateral, primero se encuentra la matriz de rigidez asociada a todos los grados de libertad indicados en la figura 8. Nótese que se ha numerado primero el grado de libertad correspondiente al desplazamiento horizontal de los dos primeros aisladores ubicados a la izquierda del pórtico; el segundo grado de libertad horizontal se presenta en la base inferior del aislador que se halla sobre la columna de hormigón armado; el tercer grado de libertad corresponde al desplazamiento horizontal de la losa de aislación del nivel 0.0 m. Las restantes coordenadas laterales van del segundo al quinto piso (coordenada 4 a la 7).

Las coordenadas laterales son las coordenadas principales y las restantes (desplazamiento vertical y giro) son coordenadas secundarias. Se tiene en total 89 grados de libertad, para el pórtico indicado en la figura 8. Se encuentra la matriz de rigidez por ensamblaje directo sumando la contribución de la matriz de rigidez de los elementos de acero más la contribución de las columnas de hormigón y más la contribución de los elementos aisladores.

Una vez que se tiene la matriz de rigidez de la estructura de 89 por 89 se condensa a una de 7 por 7, que corresponde a las coordenadas laterales. Es importante destacar que las coordenadas laterales 1 y 3 son iguales, ya que estas coordenadas están asociadas al desplazamiento horizontal del aislador, pero desde el punto de vista de cálculo, es más fácil primero hallar la matriz de rigidez lateral con los grados de libertad indicados en la figura 7 y después mediante la matriz de paso T se pasa al nuevo sistema de coordenadas, que se explica a continuación en la figura 9.

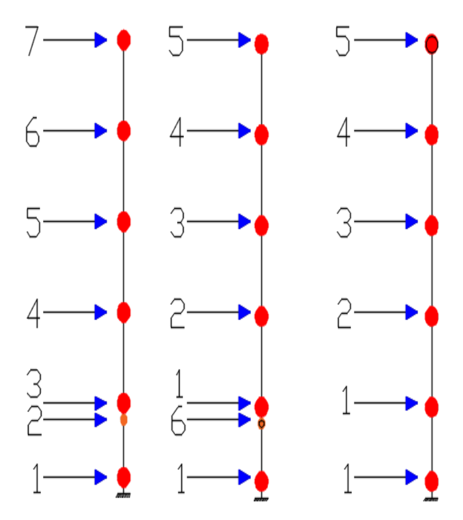


Figura 9 Coordenadas laterales de un pórtico en sentido X, del Bloque Estructural 1-2.

A la izquierda de la figura 9, se tiene el modelo numérico con los 7 grados de libertad, en concordancia con la figura 8, (coordenadas principales). Al centro se ha considerado que los grados de libertad 1 y 3 son iguales (desplazamiento del sistema de aislación), el grado de libertad 6 que aparece en la parte central corresponde al desplazamiento en la parte inferior del aislador que se encuentra sobre la columna de hormigón, que es muy bajo, razón por la cual la matriz de rigidez se condensa a las 5 coordenadas indicadas a la derecha de la figura 9.

En la tabla 1, se resume el cálculo de la matriz de paso, del sistema de coordenadas laterales que se muestra a la izquierda de la figura 9 al que se halla al centro de la indicada figura. Las deformadas elementales se construyen en el sistema de coordenadas indicadas en la parte central y se mide en el sistema de coordenadas que está a la izquierda. Aguiar (2014).

Tabla 1 Matriz de paso del sistema de coordenadas indicado a la izquierda de la figura 8 al sistema de coordenadas que se encuentra en la parte central.

Primera Deformada	Vector	Segunda Deformada	Vector	Tercera Deforma	Vector
3, 1 — 1, 1	$T(:,1) = \begin{bmatrix}1\\0\\1\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix}$	4 — 2	$T(:,2) = \begin{bmatrix}0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\end{bmatrix}$	5 — 3	$T(:,3) = \begin{bmatrix}0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\end{bmatrix}$
Cuarta Deformada	**Vector**	**Quinta Deformada**	**Vector**	**Sexta Deformada**	**Vector**
6 — 4	$T(:,4) = \begin{bmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\end{bmatrix}$	7 — 5	$T(:,5) = \begin{bmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\end{bmatrix}$	2 — 6	$T(:,6) = \begin{bmatrix}0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix}$

Matriz de paso resultante:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sean $\boldsymbol{K_1}, \boldsymbol{K_2}, \boldsymbol{K_3}$, las matrices de rigidez lateral, asociadas a los tres sistemas de coordenadas indicadas en la figura 8, en el respectivo orden.

$$\boldsymbol{K_2} = \boldsymbol{T^t}\, \boldsymbol{K_1}\, \boldsymbol{T} \quad (2)$$

Siendo $\boldsymbol{K_1}$ la matriz de rigidez lateral asociada a los grados de libertad lateral, indicados en la figura 7; $\boldsymbol{T}$ es la matriz de paso presentada en la ecuación (1). Finalmente, se condensa la matriz de rigidez lateral $\boldsymbol{K}_2$ a las cinco coordenadas

mostradas a la izquierda de la figura 8, con lo que se halla $\boldsymbol{K_3}$. En los pórticos en sentido ortogonal, el cálculo de la matriz de rigidez lateral es directo.

6. ESPECTRO DE DISEÑO

Se realizó un análisis modal espectral, considerando tres grados de libertad por planta: dos componentes de desplazamiento horizontal y una rotación de piso, para el efecto se obtuvo la matriz de rigidez en coordenadas de piso, **K.**

Se realizó un análisis modal espectral, considerando tres grados de libertad por planta: dos componentes de desplazamiento horizontal y una rotación de piso, para el efecto se obtuvo la matriz de rigidez en coordenadas de piso, $\boldsymbol{K}$

$$\boldsymbol{K} = \sum \boldsymbol{A}^{(i)t}\, \boldsymbol{K}_L^{(i)}\, \boldsymbol{A}^{(i)} \qquad (3)$$

Donde $\boldsymbol{A}^{(i)}$ es la matriz de compatibilidad, que relaciona las coordenadas de piso con las coordenadas laterales de los pórticos. $\boldsymbol{K}_L^{(i)}$ es la matriz de rigidez lateral de un pórtico. La sumatoria se extiende a todos los pórticos.

En la figura 10, se indica el espectro de diseño DBE, utilizado y corresponde al recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-15, para un perfil de suelo tipo "D"**,** ubicado en una zona sísmica es $z = 0.4$ $(PGA = 0.4\ g)$. Se consideró que $R\ \emptyset_p\ \emptyset_e = 0.9$. Donde R es el factor de reducción de las fuerzas sísmicas por comportamiento inelástico de la estructura, que en este caso es igual a 1, ya que la estructura va a trabajar en el rango elástico, son los disipadores los que ingresarán al rango no lineal; $\emptyset_p, \emptyset_e$ son los factores de irregularidad en planta y elevación de la estructura.

Al ser el producto $R\ \emptyset_p\ \emptyset_e = 0.9$, menor a la unidad, en lugar de disminuir las ordenadas del espectro elástico para 5% de amortiguamiento se incrementan como se observa en la figura 9, para períodos menores a 2 segundos, en que trabaja la estructura.

Para períodos mayores a 2 segundos, en que trabaja el sistema de aislación la ordenada espectral se dividió para B

$$B = \left(\frac{\xi_{eq}}{0.05}\right)^{0.3} \qquad (4)$$

Donde ξ_{eq} es el factor de amortiguamiento equivalente del sistema de aislación que se encuentra del modelo de tres fases propuesto por Mc Vitty y Constantinou (2015).

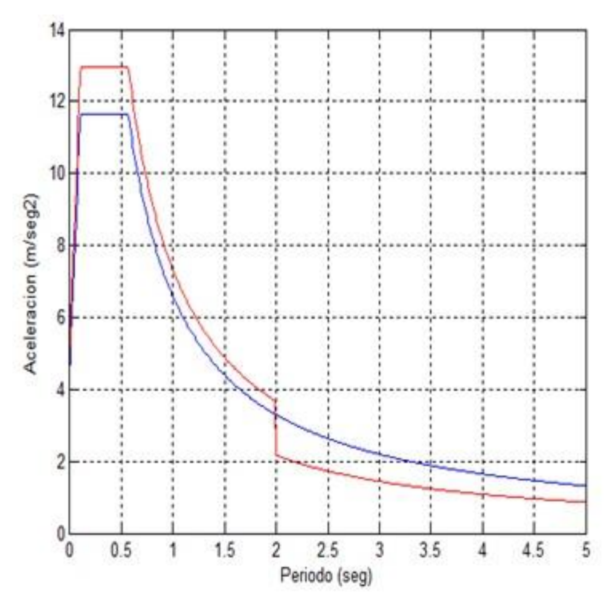


Figura 10 Espectro de diseño elástico e inelástico utilizado para sismo DBE.

7. RESULTADOS

Al analizar los Bloques Estructurales 1 y 2 sin junta de construcción, se encontró que el período fundamental de vibración del Bloque 1 es 3.62 s, y del Bloque 2 es 3.58 s. Los desplazamientos laterales en el Centro de Masas para el sismo DBE, en sentido X, se presentan en las dos primeras gráficas de la figura 11. Se observa que el sistema de aislación se desplaza 32.58 cm., en el Bloque 1 y 31.72 cm., en el Bloque 2.

Ahora, cuando no se tiene junta de construcción, Bloque 1-2, el período fundamental es 4.57 s., y el desplazamiento del sistema de aislación es 35.11 cm. Se desplaza un poco más con relación a lo que se tiene al trabajar en forma independiente. En el último piso la diferencia es menor, como se observa en la figura 11. En efecto, los desplazamientos laterales en los bloques 1 y 2 trabajando en forma independiente son: 36.35 cm., y 39.36 cm. Al trabajar como un solo bloque el desplazamiento en el tope es 40.13 cm.

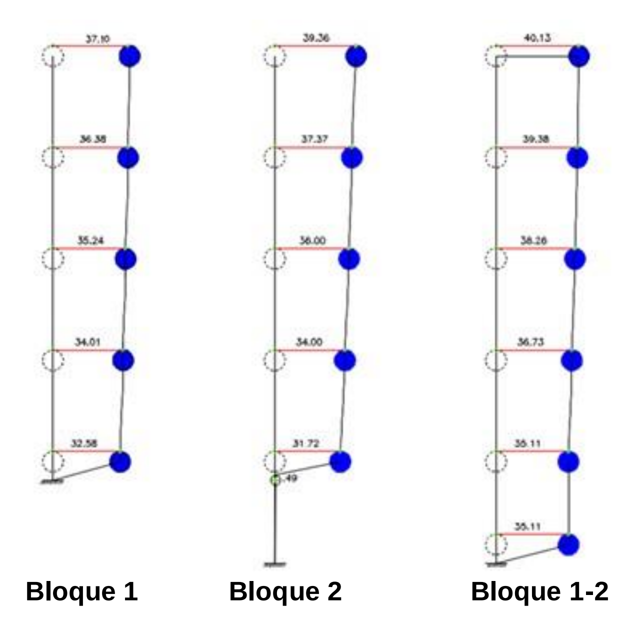


Figura 11 Desplazamientos laterales en Centro de Masas para sismo DBE en dirección X, para cuando existe junta de construcción: Bloque 1 y Bloque 2. Y para cuando no existe junta de construcción: Bloque 1-2.

En la figura 11 se ve que los desplazamientos laterales de la superestructura son como cuerpo rígido, lo que ocasiona que las derivas de piso sean muy bajas como se mira en la figura 12. En resumen, los desplazamientos laterales y derivas de piso, que se encuentran al trabajar como un solo bloque estructural, sin junta de construcción son similares a los que se tienen con junta de construcción.

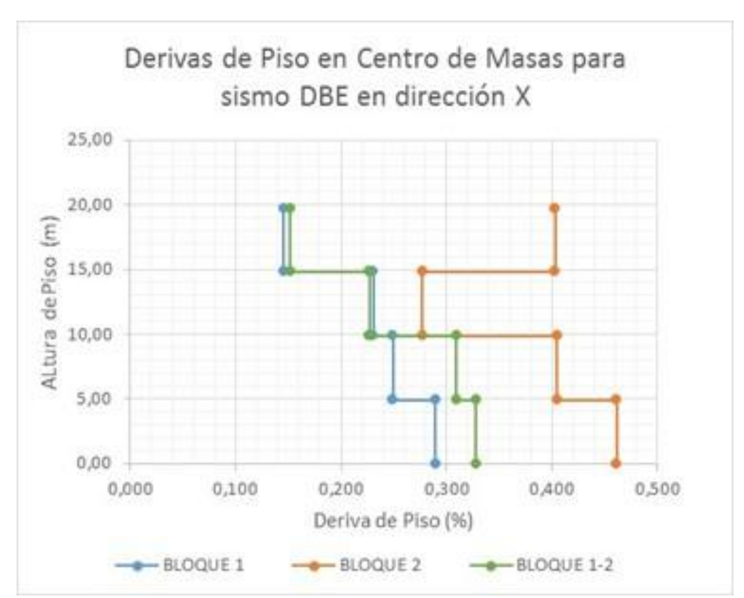


Figura 12 Derivas de Piso en Centro de Masas para sismo DBE en dirección X, para cuando existe o no existe junta de construcción.

8. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

En la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, de Ecuador, se calculó los Bloques Estructurales 1 y 2, para que trabajen en forma independiente. En el primer bloque los aisladores sísmicos FPT se encuentran sobre los pedestales que nacen de los plintos; en cambio en el segundo bloque estructural, los aisladores se encuentran sobre las columnas del primer piso; todo esto debido a que existe un subsuelo.

Al tener los aisladores sobre las columnas, se deben tomar precauciones en la construcción de las gradas y del ascensor para que estos se desplacen coordinadamente con el sistema de aislación. En el presente artículo se detalló cómo se proyectó el ascensor en el subsuelo, que se encuentra bajo los aisladores, para ello se hizo una estructura rígida que está suspendida en las vigas de la losa de aislación. Para evitar tomar precauciones especiales en la construcción del ascensor habría sido conveniente construir los dos bloques sin junta de construcción y colocar los aisladores en la forma que se ha presentado. De esta forma la estructura del ascensor se encontrará sobre la losa de aislación.

AGRADECIMIENTO

Al grupo humano quienes aportaron en el desarrollo de esta investigación dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y fuera de ella.

REFERENCIAS

1. Aguiar R., (2014), Análisis Matricial de Estructuras con CEINCI-LAB, Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Cuarta Edición, 676 p.
2. Aguiar R., Almazán J. L., Dechent P., Suárez V., (2008), Aisladores elastoméricos y FPS, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército ESPE, 242 p.
3. Constantinou M., Aguiar R., Morales E., Caiza P., (2016), "Desempeño del aislador FPT 8833/12-12/8-5 en el análisis sísmico del Centro de Investigaciones y de Post Grado de la UFA-ESPE" Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 21 (1), 1-25. http://www.riie.espe.edu.ec
4. Fadi F., and Constantinou M. (2010), "Evaluation of simplified methods of analysis for structures with triple friction pendulum isolators", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 39, 5-22.
5. Fenz D., Constantinou M., (2007), Mechanical behavior of multi-spherical sliding bearings, Technical Report MCEER-08-0007, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research. Available at http://mceer.buffalo.edu/publications/catalog/reports/Mechanical-Behavior-of-Multi-Spherical-Sliding-Bearings-MCEER-08-0007.html
6. Fenz, D.M. and Constantinou, M.C., (2008), Development, implementation and verification of Dynamic Analysis Models for Multi-Spherical sliding bearings. Report No. MCEER-08-0018, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, NY. Available at http://mceer.buffalo.edu/publications/catalog/reports/Development-

Implementation-and-Verification-of-Dynamic-Analysis-Models-for-Multi-Spherical-Sliding-Bearings-MCEER-08-0018.html

7. Lee D., Constantinou M., (2016), “Quintuple Friction Pendulum Isolator-Behavior, modeling and validation”, Earthquake Spectra,
8. McVitty, W.J. and Constantinou, M.C., (2015), Property modification factors for seismic isolators: Design Guidance for Buildings, Technical Report No. MCEER-15-0005, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, Buffalo, NY, 2015. Available at http://mceer.buffalo.edu/publications/catalog/reports/Property-Modification-Factors-for-Seismic-Isolators-Design-Guidance-for-Buildings-MCEER-15-0005.html
9. NEC-SE-DS (2015) Norma Ecuatoriana de la Construcción, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI.
10. Zayas, V. Seismic Isolation Design for Resilient Building, Base Isolation Systems: Applications, Codes & Quality Control Tests", Istanbul Technical University, 2013.